

Pendekatan *Multidimensional Scaling* untuk Penilaian Status Keberlanjutan ATCS Kota Pintar Semarang

Masmian Mahida

Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275
E-mail: masmian.mahida19@pwk.undip.ac.id

Diterima: 24 Februari 2020, disetujui: 17 November 2020, diterbitkan *online*: 31 Desember 2020

Abstrak

Kota Semarang dalam mewujudkan kota pintar dari sektor transportasi telah memiliki layanan IT *area traffic control system* (ATCS). Teknologi ATCS merupakan sistem monitoring pengendalian lalu lintas jalan berbasis teknologi informasi pada suatu kawasan di persimpangan yang bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja jaringan jalan. Pada praktiknya, masih terdapat kendala teknis terkait suplai listrik, yakni pada saat suplai listrik PLN mati lebih dari tiga jam, maka layanan ATCS tidak berfungsi karena baterai listrik cadangan hanya mampu bertahan tiga jam. Oleh karena itu, akan dilakukan penilaian terhadap status keberlanjutan teknologi ATCS yang ditinjau dari dimensi input, proses, dan *output* guna memperoleh faktor/atribut yang berpengaruh pada keberlanjutan teknologi ATCS. Penelitian penilaian ini menggunakan metodologi deskriptif kualitatif-kuantitatif dengan dukungan analisis *Multidimensional Scaling*. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi lapangan, wawancara dengan pengelola teknologi ATCS, dan penyebaran kuesioner kepada tiga pakar yang terkait teknologi ATCS. Hasil temuan penelitian dapat dijadikan input pada pengembangan teknologi ATCS Kota Semarang sehingga terwujud kota pintar, terutama di sektor transportasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa status keberlanjutan teknologi ATCS pada dimensi input menunjukkan nilai baik, dengan atribut sensitif kerangka tata kelola IT. Status keberlanjutan teknologi ATCS pada dimensi proses menunjukkan nilai cukup, dengan atribut sensitif dukungan lingkungan inovatif. Sementara itu, status keberlanjutan teknologi ATCS pada dimensi *output* menunjukkan nilai cukup, dengan atribut sensitif efektifitas biaya.

Kata Kunci: Keberlanjutan, ATCS, Kota Pintar, *Multidimensional Scaling*

Abstract

Multidimensional Scaling Approach for Sustainability Assessment of ATCS Technology of Semarang Smart City: Semarang City in realizing a smart city from the transportation sector has had an IT area traffic control system (ATCS) service. ATCS technology is a road traffic control monitoring system based on information technology in an area at an intersection that aims to optimize road network performance. Practically, there is still a technical problem related to the electricity supply. When the PLN electricity supply has been off for more than three hours, the ATCS service is not functioning because the backup electric battery is only capable of three hours. Therefore, an assessment will be carried out to the sustainability status of ATCS technology in terms of the input, process, and output dimensions to obtain factors/attributes that affect the sustainability of ATCS technology. The research used a descriptive qualitative-quantitative method using *Multidimensional Scaling* analysis. Data collection was conducted by field observation, interviews with ATCS technology managers, and distributing questionnaires to three experts related to ATCS technology. The results of the research findings can be used as input for the development of ATCS technology for developing smart city Semarang, especially in the transportation sector. The results showed that the sustainability status of ATCS technology on the input dimension is good, with sensitive attributes IT governance framework. The sustainability status of the ATCS technology in the process dimension showed sufficient value, with the sensitive attributes of innovative environmental support. While the status of the sustainability of the ATCS technology in the output dimension showed sufficient value with the cost-effectiveness sensitive attribute.

Keywords: Sustainability, ATCS, Smart City, *Multidimensional Scaling*.

1. Pendahuluan

Pemanfaatan teknologi *intelligent transportation system* (ITS) dimaksudkan untuk peningkatan keamanan dan penanganan kemacetan menjadi solusi permasalahan transportasi perkotaan dewasa ini [1]. Di era revolusi industri 4.0 sekarang ini, investasi pada infrastruktur transportasi perkotaan menggunakan teknologi menjadi tumpuan penerapan kota pintar [2].

Penerapan kota pintar Semarang dari aspek transportasi yang menggunakan sistem *monitoring* teknologi ATCS (*area traffic control system*) merupakan langkah dalam memecahkan permasalahan kemacetan lalu lintas. Sistem *monitoring* teknologi ATCS di Kota Semarang sudah dimulai pada tahun 2016 dan dikelola oleh Dinas Perhubungan Kota Semarang. Sistem ini sangat membantu dalam memonitor dan mengendalikan lalu lintas jalan pada kawasan persimpangan sehingga dapat menghindari kemacetan. Manajemen siklus lampu lalu lintas dengan menggunakan teknologi ATCS dilaksanakan mengacu pada input data lalu-lintas yang *real time* dan pengamatan lalu lintas pada titik-titik persimpangan. Hingga awal tahun 2019, instrumen ATCS telah dipasang pada 36 titik persimpangan di Kota Semarang, seperti Akpol, A. Yani- Ki Mangun S., Abdul Rahman S., Tugu Muda, dan Simpang Lima. Kelebihan sistem ATCS adalah *user* atau masyarakat dapat mengakses sistem ATCS melalui aplikasi android untuk melihat keadaan *traffic* lalu lintas yang akan mereka lewati.

Inovasi teknologi ATCS merupakan implementasi Peraturan Wali Kota Semarang Nomor 26 Tahun 2018 tentang Rencana Induk Semarang Kota Pintar sebagai pedoman pengembangan kota pintar Kota Semarang [3]. Inovasi ini merupakan ejawantah atau wujud penerapan konsep kota pintar melalui teknologi terkini yang memberikan dampak terhadap pelayanan yang efektif dan efisien serta peningkatan kualitas kehidupan [4].

Temuan di lapangan, mengacu pada hasil *interview* dengan pengelola aplikasi, menunjukkan bahwa masih terdapat kendala teknis terkait suplai listrik, yakni pada saat suplai listrik PLN mati lebih dari tiga jam, maka layanan ATCS tidak berfungsi karena baterai listrik cadangan hanya mampu bertahan tiga jam. Dukungan teknis berupa sumber daya listrik yang terkelola dengan cerdas mutlak dalam kota pintar yang terintegrasi dan berkelanjutan [5].

Atas dasar acuan tersebut, maka penulis melakukan penelitian penilaian pada status keberlanjutan teknologi ATCS Kota Semarang untuk menemukan faktor/atribut yang berpengaruh pada keberlanjutannya yang ditinjau dari dimensi input, proses, dan *output* sebagai dasar untuk evaluasi

teknologi informasi (teknologi ATCS) [6]. Pada penelitian ini, penulis menggunakan istilah penilaian (*assessment*) yang merupakan salah satu definisi operasional dari aspek evaluasi. Penelitian penilaian keberlanjutan ini memfokuskan pada *self-evaluation*, yakni penulis menilai dengan menggunakan perspektif *regulator* dan pengelola serta bukan pada perspektif pelanggan atau *user*. Temuan dalam penelitian ini tentunya dapat menjadi input dalam pengembangan kota pintar Semarang, khususnya sektor transportasinya.

2. Metodologi

2.1. Metode Pengumpulan Data

Data primer menjadi penting untuk penelitian penilaian keberlanjutan ini sehingga akan dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan, *interview*, serta penyebaran kuesioner. Pengamatan di lapangan dilakukan guna memperoleh gambaran nyata pengoperasian teknologi ATCS seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. *Interview* langsung pada pengelola teknologi ATCS Dinas Perhubungan Kota Semarang dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait masalah dan tantangan pada layanan teknologi ATCS. Kemudian, penyebaran kuesioner dilakukan untuk mendapatkan keterwakilan data yang sesuai dengan penelitian



Sumber: Dokumen pribadi, 2019

Gambar 1. Control room teknologi ATCS Dinas Perhubungan Kota Semarang



Sumber: Dokumen pribadi, 2019

Gambar 2. Tampilan simpangan Jalan A.Yani via android *playstore* ATCS

penilaian ini melalui *purposive sampling* dengan Dinas Perhubungan Kota Semarang sebagai pengelola teknologi ATCS, Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Semarang sebagai *regulator* sistem teknologi informasi Kota Semarang, dan PT. Dinustek mewakili konsultan teknologi informasi Kota Semarang. Kemudian, metode isian kuesioner dilakukan melalui *scoring* dan memakai skala ordinal. Terakhir, metode pengumpulan data sekunder menggunakan referensi dari studi literatur tentang *smart city*.

2.2. Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif-kuantitatif. Temuan penelitian kualitatif dilaksanakan melalui metode pengamatan lapangan dan *interview* guna mendukung analisis. Sementara itu, penelitian kuantitatif yang dilaksanakan melalui metode penyebaran kuesioner akan digunakan sebagai analisis pada hubungan antara variabel yang memengaruhi dan variabel yang dipengaruhi [7].

2.3. Analisis Data

Penelitian penilaian status keberlanjutan teknologi ATCS Kota Pintar Semarang dengan menggunakan analisis MDS (*multidimensional scalling*) melalui penilaian cepat multidisiplin

(*multidisciplinary rapid appraisal*) atau *Rapid appraisal-ATCS* (*Rap-ATCS*). *Rap-ATCS* adalah modifikasi metode *Rapfish* (*Rapid Appraisal of Fisheries*) yakni teknik penilaian terhadap multidisiplin. Metode *Rapfish* dikembangkan oleh *University of British Columbia, Kanada* dan dipakai pertama kali untuk menilai status keberlanjutan pada perikanan. Karena penelitian penilaian teknologi ATCS ini mengadopsi *Rapfish*, maka *Rap-ATCS* akan memakai prinsip-prinsip pada metode *Rapfish*, yakni (1) akan digunakan untuk menilai cepat pada status keberlanjutan dengan mengacu pada beberapa atribut; (2) atribut-atribut yang digunakan akan diredefinisi atau diganti sesuai dengan informasi yang ada [8]; (3) adalah metode pengambilan keputusan mengacu pada multikriteria dengan skala multidimensi; dan (4) memakai teknik ordinal untuk menentukan status keberlanjutan [9].

Oleh karena itu, nilai status keberlanjutan teknologi ATCS Kota Semarang melalui analisis MDS ini memiliki beberapa langkah, yakni (1) langkah pemilihan atribut untuk penilaian status keberlanjutan teknologi ATCS pada tiap-tiap dimensi (input, proses, dan *output*) pada Tabel 1 yang merujuk pada *benchmark* pelayanan IT yang baik; (2) langkah menilai atribut dengan skala ordinal mengacu pada kriteria keberlanjutan pada tiap

Tabel 1. Dimensi dan atribut penelitian teknologi ATCS Kota Semarang

Dimensi	Atribut	Keterangan	Sumber
Input	Kerangka tata kelola IT	Aplikasi IT pada kota pintar harus didukung tata kelola IT mencakup kebijakan, standar, prosedur, dan IT <i>Balanced Scorecard</i> .	Megawati, 2017 [10]
	Roadmap terintegrasi	Aplikasi IT pada kota pintar harus memiliki <i>roadmap</i> terintegrasi berorientasi <i>service</i> , <i>device</i> , dan teknologi.	Lee, 2013 [11]
	Framework sistem IT	Aplikasi IT pada kota pintar harus didukung <i>framework</i> sistem IT yang terintegrasi dari sisi <i>hardware</i> (perangkat keras), <i>software</i> (perangkat lunak), dan teknologi jaringan.	Washburn, 2010 [12]
	Infrastruktur jaringan IT	Aplikasi IT pada kota pintar harus didukung peralatan jaringan (saluran <i>fiber optic</i> dan jaringan <i>wi-fi</i>) dan <i>public access points</i> (<i>wireless hotspot</i>).	Sideridis, 2009 [13]
Proses	Kolaborasi dan kerjasama <i>stakeholders</i>	Aplikasi IT pada kota pintar harus didukung kolaborasi dan kerjasama seluruh <i>stakeholders</i> baik pemerintah maupun komponen masyarakat, swasta, LSM, dan pendidikan.	Lindskog, 2004 [14]
	Dukungan lingkungan inovatif	Aplikasi IT pada kota pintar harus didukung lingkungan inovatif yang membutuhkan pengembangan SDM berketerampilan kreatif, institusi berorientasi inovasi, dan ruang kolaborasi <i>virtual</i> .	Komninos, N, 2009 [15]
	Biaya operasional	Aplikasi IT pada kota pintar harus didukung biaya operasional yang mencakup profesional IT, operasi, pemeliharaan, pelatihan, dan konsultasi.	Chourabi, 2012 [16]
	Interoperabilitas platform IT	Aplikasi IT pada kota pintar harus didukung platform IT yang menjamin interoperabilitas pada sisi aplikasi dan <i>service</i> (kemampuan berbagai aplikasi untuk berinteraksi dengan aplikasi lainnya).	Muñoz, 2011 [17]
Output	Efisiensi waktu	Aplikasi IT pada kota pintar harus dapat menciptakan efisiensi waktu yang terintegrasi dengan tata kota.	Zhang, 2017 [18]
	Efektifitas biaya	Aplikasi IT pada kota pintar harus dapat menciptakan efektifitas biaya yang terintegrasi dengan tata kota.	Zhang, 2017 [18]
	Pelayanan publik efisien	Aplikasi IT pada kota pintar memungkinkan pemerintah untuk melakukan kekuatan transformatifnya sehingga membuat pelayanan publik lebih efisien.	Ericsson, 2014 [19]
	Jaringan sosial	Aplikasi IT pada kota pintar memungkinkan masyarakat melakukan kekuatan transformatifnya sehingga menguatkan jaringan sosial.	Ericsson, 2014 [19]

Sumber: Hasil olahan penulis, 2019

dimensi dan analisis MDS; dan (3) langkah menyusun indeks pada status keberlanjutan teknologi ATCS Kota Semarang. Kemudian, temuan analisis MDS menunjukkan (1) status atau indeks tiap-tiap dimensi pada teknologi ATCS dan (2) *leverage/sensitive attribute* yang merupakan atribut berpengaruh pada status keberlanjutan pada tiap-tiap dimensi pada teknologi ATCS.

Posisi titik status keberlanjutan akan digambarkan menjadi dua dimensi, yakni ordinat vertikal dan horizontal dan diwakilkan dengan garis datar, yaitu ekstrim buruk memiliki nilai indeks 0% dan ekstrim baik memiliki nilai indeks 100%. Skala nilai pada indeks status keberlanjutan teknologi ATCS dengan *range* antara 0–100%, di mana apabila memiliki nilai lebih besar sama dengan 50% artinya berkelanjutan, namun apabila kurang dari 50% artinya belum berkelanjutan (Tabel 2) [20]. Ordinasi status keberlanjutan merupakan gambaran terkait status keberlanjutan masing-masing dimensi mengacu pada skor tiap atributnya. Titik nilai indeks pada sumbu axis (x) menggambarkan status keberlanjutan teknologi ATCS dan ordinat (y) menunjukkan variasi skor pada tiap atribut yang diteliti [21].

Dalam mendukung kevalidan ordinasi menggunakan MDS, analisis ordinasi akan ditambah dengan pengujian normalisasi layanan model (nilai *stress*(S) dan koefisien determinasi (R^2). Apabila nilai $S < 0.25\%$ dan nilai R^2 mendekati 1, maka model dinilai baik. Kemudian, analisis *leverage* (mengacu pada nilai *Root Mean Square (RMS)* terbesar), dan Monte Carlo (jika hasil simulasi memiliki perbedaan nilai ordinasi sedikit, maka hasil ordinasi MDS telah dapat mengatasi adanya kesalahan acak) [21]. Sebagaimana kita ketahui, khusus simulasi Monte Carlo dapat mengetahui adanya ketidakpastian rambatan, sensitivitas, performa, dan reliabilitas sebuah model [22].

2.4. Persamaan

MDS merupakan teknik analisis statistik multivariat yang berfungsi dalam menentukan posisi suatu obyek dengan mengacu terhadap kesamaan atau ketidaksamaannya [23]. Analisis ini juga dapat digunakan untuk mengetahui kondisi status keberlanjutan pada setiap dimensi, kemudian mengetahui ketidakseimbangan antardimensi. MDS

juga teknik analisis data berupa gambar geometrik yang mendeskripsikan kesamaan obyek berdasarkan jarak euklidian [24]. Dapat diinformasikan bahwa jarak euklidian dihitung melalui persamaan (1).

$$d = \sqrt{(|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| + |z_1 - z_2| + \dots)} \quad (1)$$

Rap-ATCS memiliki sebaran poin banyak sehingga sulit untuk divisualisasi sehingga dibuat visual jadi satu dimensi, yakni *bad* dan *good*. Selanjutnya, pada penggunaan metode ordinasi, posisi sebuah obyek diproyeksikan melalui regresi jarak *euclidian* (*dij*) dari poin *i* ke poin *j* dengan poin asal δ_{ij} menggunakan persamaan (2) kemudian dilakukan usaha *intercept* pada persamaan (2) sama dengan 0 ($a=0$). Oleh karena itu, persamaan (2) berubah menjadi persamaan (3).

$$d_{ij} = a + \beta \delta_{ij} + \varepsilon; \varepsilon = \text{error} \quad (2)$$

$$d_{ij} = \beta \delta_{ij} + \varepsilon \quad (3)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Sejumlah data yang dipakai untuk analisis adalah data observasi lapangan meliputi situasi *control room* teknologi ATCS dan pantauan *real time* lalu lintas via teknologi ATCS, wawancara dengan para *stakeholder*, dan isian kuesioner. Sebagai contoh, berdasarkan wawancara dengan pengelola teknologi ATCS, salah satu kendala aspek teknis adalah matinya layanan teknologi ATCS jika pada saat itu terjadi listrik padam lebih dari tiga jam karena listrik cadangan internal untuk teknologi ATCS hanya mampu bertahan hingga tiga jam. Kendala lainnya adalah aspek perilaku pengguna jalan yang terpantau lewat kamera teknologi ATCS di mana ada yang tidak menaati peraturan rambu lalu lintas yang telah diatur teknologi ATCS di persimpangan jalan. Kendala aspek teknis menjadi sangat penting untuk diatasi karena berdampak pada keberlanjutan pelayanan teknologi ATCS terlebih di saat lalu lintas padat. Sementara itu, kendala aspek perilaku pengguna jalan juga perlu dilakukan penertiban oleh petugas lalu lintas. Sedangkan data isian kuesioner akan digunakan untuk bahan analisis status keberlanjutan teknologi ATCS ini dengan *output* indeks pada dimensi input, proses, dan *output* serta faktor/atribut yang berpengaruh.

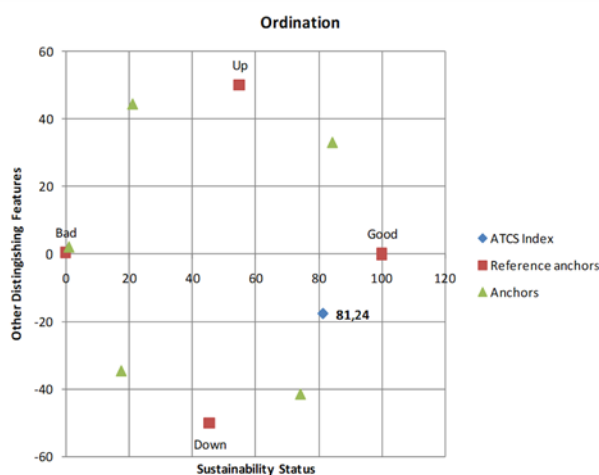
3.1. Analisis Status Keberlanjutan Teknologi ATCS pada Dimensi Input, Proses, dan Output

Grafik keberlanjutan teknologi ATCS pada dimensi input, proses, dan *output* akan disimbolkan meliputi bentuk belah ketupat berwarna biru adalah besaran indeks; bentuk persegi berwarna merah adalah *reference anchors* yang mengacu pada formula menunjukkan bahwa pada sumbu x untuk *Good* memiliki nilai maksimal 100 dan *Bad* memiliki nilai minimum 0, sedangkan sumbu y untuk *Up*

Tabel 2. Kategori status keberlanjutan teknologi ATCS mengacu pada nilai indeks analisis *rapfish*

Indeks	Kategori
$\leq 24,9$	Buruk
25–49,9	Kurang Berkelanjutan
50–74,9	Cukup berkelanjutan
> 75	Baik

Sumber:[20].



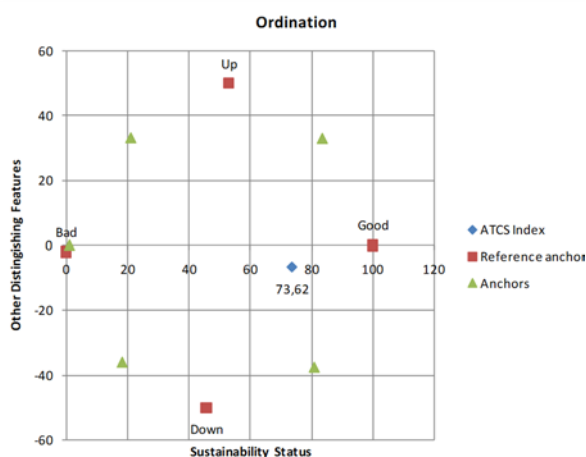
Sumber: Hasil analisis, 2019

Gambar 3. Hasil ordinasi teknologi ATCS pada dimensi input

adalah setengah maksimum skor atribut (50) dan *Down* adalah setengah minimum skor atribut (-50); dan bentuk segitiga berwarna hijau adalah *anchors* yang menunjukkan batas.

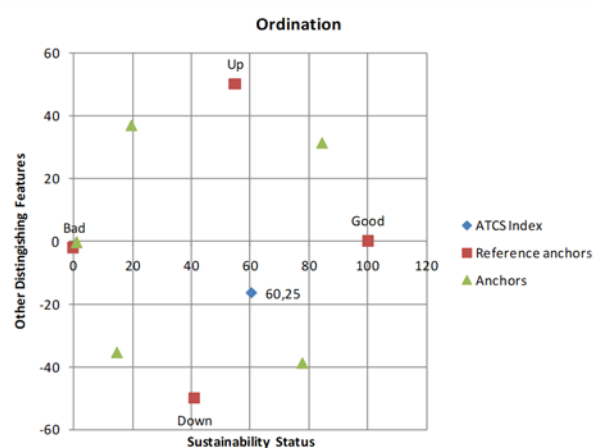
Berdasarkan hasil analisis MDS, status keberlanjutan teknologi ATCS untuk dimensi input memiliki nilai 81,24% dengan kategori baik dan jika dilihat posisi nilai 81,24% berada pada posisi di bawah nilai 0 pada sumbu x dan y. Secara statistik, hal ini menunjukkan indikasi penurunan meskipun statusnya berkelanjutan baik. Gambar 3 menunjukkan grafiknya.

Analisis MDS juga didukung dengan analisis kelayakan model. Analisis kelayakan model menggunakan uji normalisasi dengan mengacu pada besaran nilai *stress*(S) dan koefisien determinasi (R^2). Perhitungan metode *Rap-ATCS* menunjukkan nilai S dan R^2 untuk teknologi ATCS pada dimensi input sebesar 0,15 pada nilai S dan 0,94 untuk nilai R^2 . Oleh karena itu, dalam kaidah analisis kelayakan model menyebutkan model yang baik ialah memiliki nilai S



Sumber: Hasil analisis, 2019

Gambar 4. Hasil ordinasi teknologi ATCS pada dimensi proses



Sumber: Hasil analisis, 2019

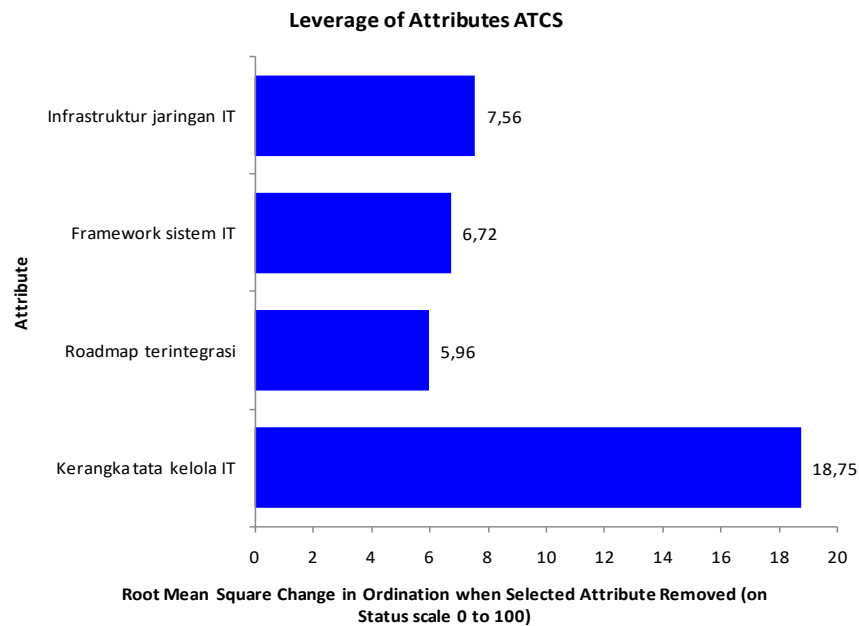
Gambar 5. Hasil ordinasi teknologi ATCS pada dimensi output

< 0,25 dan R^2 mendekati 1. Artinya, model yang diteliti adalah baik.

Pada sisi lain, hasil analisis MDS pada status keberlanjutan teknologi ATCS untuk dimensi proses memiliki nilai 73,62% atau berkategori cukup berkelanjutan dan jika dilihat, posisi nilai 73,62% berada pada posisi di bawah nilai 0 pada sumbu x dan y. Secara statistik, hal ini menunjukkan indikasi penurunan meskipun statusnya berkelanjutan cukup. Gambar 4 menunjukkan grafiknya.

Analisis kelayakan model menggunakan uji normalisasi mengacu pada besaran nilai *stress*(S) dan koefisien determinasi (R^2) juga dilakukan pada dimensi proses. Perhitungan metode *Rap-ATCS* menunjukkan nilai S dan R^2 untuk teknologi ATCS pada dimensi proses sebesar 0,16 pada nilai S dan 0,92 untuk nilai R^2 . Oleh karena itu, dalam kaidah analisis kelayakan model menyebutkan model yang baik ialah memiliki nilai S < 0,25 dan R^2 mendekati 1. Artinya, model yang diteliti adalah baik. Terakhir, analisis MDS pada status keberlanjutan teknologi ATCS untuk dimensi *output* dengan nilai 60,25% atau berkategori cukup berkelanjutan dan jika dilihat, posisi nilai 60,25% berada pada posisi di bawah nilai 0 pada sumbu x dan y. Secara statistik, hal ini menunjukkan indikasi penurunan meskipun statusnya berkelanjutan cukup serta. Gambar 5 menunjukkan grafiknya.

Analisis kelayakan model menggunakan uji normalisasi dengan mengacu besaran nilai *stress*(S) dan koefisien determinasi (R^2) juga dilakukan pada dimensi *output*. Perhitungan metode *Rap-ATCS* menunjukkan nilai S dan R^2 untuk teknologi ATCS pada dimensi *output* sebesar 0,19 pada nilai S dan 0,92 untuk nilai R^2 . Oleh karena itu, dalam kaidah analisis kelayakan model menyebutkan model yang baik ialah memiliki nilai S < 0,25 dan R^2 mendekati 1. Artinya model yang diteliti bernilai baik.



Sumber: Hasil analisis, 2019

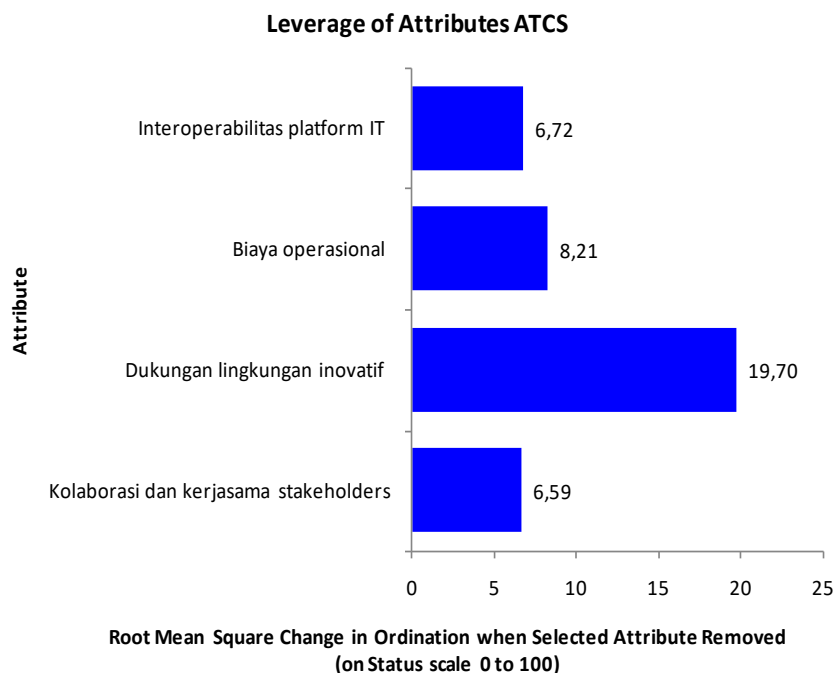
Gambar 6. *Leverage factors* status keberlanjutan teknologi ATCS pada dimensi input

3.2. Analisis *Leverage* Keberlanjutan Teknologi ATCS di Dimensi Input, Proses, dan *Output*

Analisis *leverage* dilakukan untuk menemukan factor pengungkit (*leverage factors*) dalam status keberlanjutan teknologi ATCS untuk dimensi input. Temuan analisis *leverage* pada dimensi input ditampilkan Gambar 6. Secara visual, faktor pengungkit digambarkan dalam *bar* memanjang adalah atribut yang dinilai. Untuk dimensi input, faktor pengungkitnya adalah “kerangka tata kelola IT” yang memiliki pengaruh besar terhadap status keberlanjutan di mana memiliki angka *Root Mean*

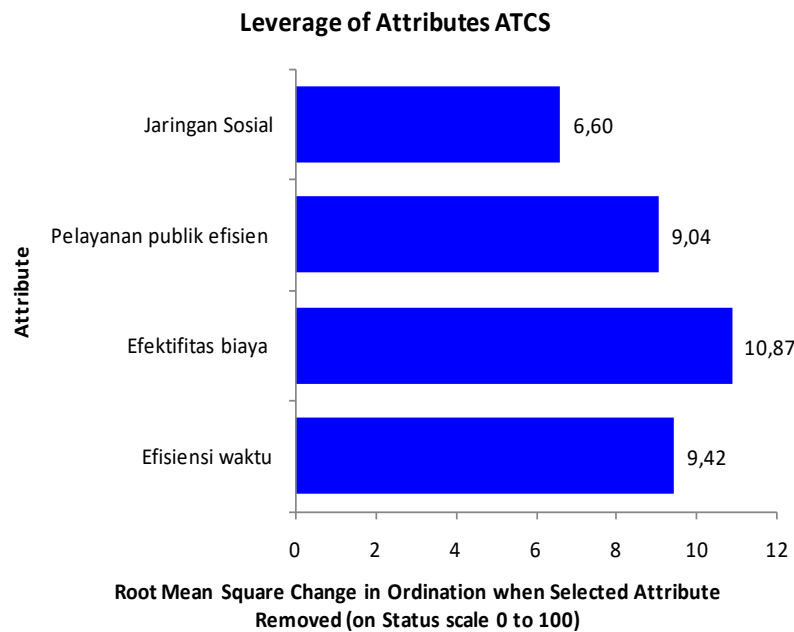
Square (RMS) senilai 18,75. Hal ini menyatakan apabila ada intervensi pada “kerangka tata kelola IT”, maka akan mempengaruhi nilai indeks keberlanjutannya.

Gambar 7 adalah dimensi proses di mana memiliki faktor pengungkit “dukungan lingkungan inovatif” yang memiliki pengaruh terbesar pada status keberlanjutan di mana memiliki angka *RMS* senilai 19,70. Hal ini menyatakan bahwa jika terdapat intervensi pada “dukungan lingkungan inovatif”, maka akan mempengaruhi nilai indeks keberlanjutannya.



Sumber: Hasil analisis, 2019

Gambar 7. *Leverage factors* status keberlanjutan teknologi ATCS pada dimensi proses



Sumber: Hasil analisis, 2019

Gambar 8. *Leverage factors* status keberlanjutan teknologi ATCS pada dimensi *output*

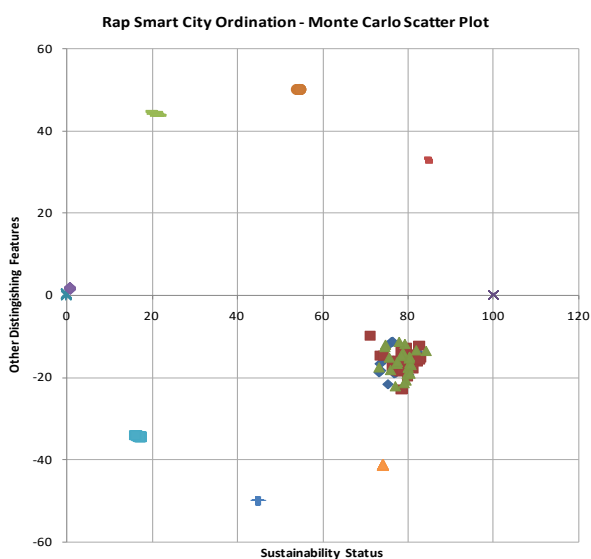
Terakhir, Gambar 8 menunjukkan dimensi *output* di mana memiliki faktor pengungkit “efektifitas biaya” yang memiliki pengaruh terbesar pada status keberlanjutan di mana memiliki angka *RMS* senilai 10,87. Hal ini menyatakan bahwa jika terdapat intervensi pada “efektifitas biaya”, maka akan mempengaruhi nilai indeks keberlanjutannya.

3.3. Analisis Monte Carlo pada Dimensi Input, Proses, dan *Output*

Simulasi Monte Carlo menggambarkan hasil simulasi berupa perbedaan nilai ordinasi sedikit, maka hasil ordinasi MDS telah dapat mengatasi adanya kesalahan acak melalui metode “*scatter plot*”.

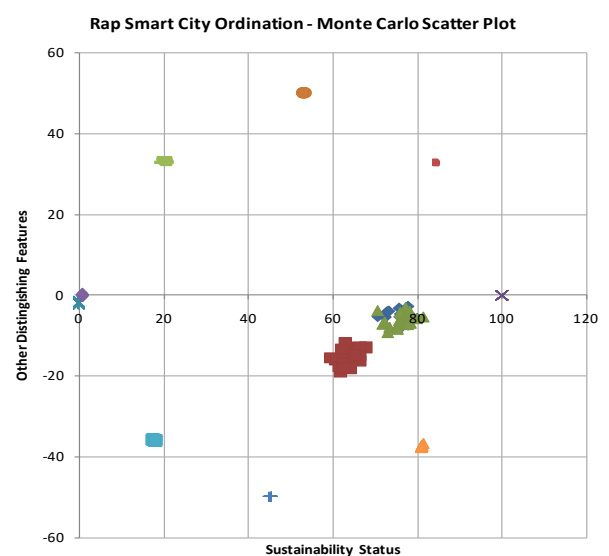
Berdasarkan simulasi monte carlo yang *running* sebanyak 25 perulangan pada dimensi input dengan *confidence* 95 persen menyajikan nilai rata-rata 78,62% (Gambar 9) dan apabila disandingkan dengan nilai ordinasi MDS, yakni 81,24%, terlihat tidak berbeda banyak. Artinya, bahwa kejadian kesalahan penyusunan skor untuk tiap atribut pada analisis ordinasi terbilang kecil, sehingga dengan mengacu pada temuan simulasi Monte Carlo tersebut, disimpulkan bahwa terdapat akurasi dalam analisis ordinasi MDS dalam menilai sebuah objek.

Sedangkan simulasi Monte Carlo yang di-*running* sebanyak 25 perulangan pada dimensi proses dengan *confidence range* 95 persen menyajikan nilai rata-rata 72,00% (Gambar 10) dan apabila disandingkan



Sumber: Hasil analisis, 2019

Gambar 9. Hasil analisis Monte Carlo teknologi ATCS pada dimensi input



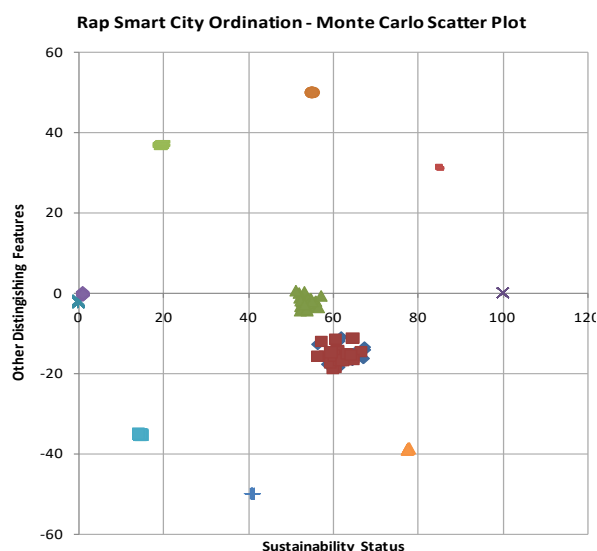
Sumber: Hasil analisis, 2019

Gambar 10. Hasil analisis Monte Carlo teknologi ATCS pada dimensi proses

dengan nilai ordinasi MDS, yakni 73,62%, terlihat tidak berbeda banyak. Artinya, kejadian kesalahan penyusunan skor untuk tiap atribut pada analisis ordinasi terbilang kecil, sehingga dengan mengacu pada temuan simulasi Monte Carlo tersebut, disimpulkan bahwa terdapat akurasi dalam analisis ordinasi MDS dalam menilai sebuah objek.

Simulasi Monte Carlo yang *running* sebanyak 25 perulangan pada dimensi *output* dengan *confidence range* 95 persen menyajikan nilai rata-rata 59,30% (Gambar 11) dan apabila disandingkan dengan nilai ordinasi MDS, yakni 60,25%, terlihat tidak berbeda banyak. Artinya bahwa kejadian kesalahan penyusunan skor untuk tiap atribut pada analisis ordinasi terbilang kecil, sehingga dengan mengacu pada temuan simulasi Monte Carlo tersebut, disimpulkan bahwa terdapat akurasi dalam analisis ordinasi MDS dalam menilai sebuah objek.

Tabel 3 menyajikan resume nilai indeks keberlanjutan teknologi ATCS untuk dimensi input, proses, dan *output*. Pada dimensi input, teknologi ATCS memiliki status berkelanjutan baik. Karena teknologi ATCS telah didukung adanya fasilitas perangkat teknologi informasi yang terintegrasi, maka tata kelola lalu lintas menjadi lebih efektif dan efisien. Kemudian, keberlanjutan pada dimensi proses untuk teknologi ATCS adalah cukup berkelanjutan. Oleh karenanya, perlu memfokuskan aspek “dukungan lingkungan inovatif” yang merupakan atribut sensitifnya/pengungkit. Dan dimensi *output* untuk teknologi ATCS juga cukup berkelanjutan. Hal ini kemungkinan juga dikarenakan adanya faktor lain sehingga mengakibatkan keberlanjutannya cukup. Tetapi,



Sumber: Hasil analisis, 2019

Gambar 11. Hasil analisis Monte Carlo teknologi ATCS pada dimensi *output*

Tabel 3. Ringkasan hasil nilai indeks keberlanjutan teknologi ATCS

Dimensi	Nilai indeks	Keterangan
Input	81,24%	Baik
Proses	73,62%	Cukup berkelanjutan
<i>Output</i>	60,25%	Cukup berkelanjutan

Sumber: Hasil analisis, 2019

Tabel 4. Atribut sensitif indeks keberlanjutan teknologi ATCS

Dimensi	Atribut	RMS
Input	Kerangka tata kelola IT	18,75
Proses	Dukungan lingkungan inovatif	19,70
<i>Output</i>	Efektifitas biaya	10,87

Sumber: Hasil analisis, 2019

kalau merujuk pada analisis *leverage* yang memiliki faktor sensitif/pengungkit “efektifitas biaya”, untuk itu perlu intervensi di faktor tersebut sehingga dapat mempengaruhi status keberlanjutannya.

Tabel 4 menunjukkan atribut sensitif/faktor pengungkit pada status keberlanjutan teknologi ATCS untuk dimensi input, proses, dan *output* yang mana dasar penentuannya mengacu pada nilai RMS. Dapat diamati jika dilakukan intervensi pada atribut sensitifnya pada tiap dimensi tersebut, maka memungkinkan dapat mempengaruhi status keberlanjutannya.

Kemudian, Tabel 5 menunjukkan resume nilai uji normalisasi meliputi *stress* (S) dan koefisien determinasi (R^2) pada tiga dimensi tersebut di mana menunjukkan bahwa model baik karena sesuai kriteria $S < 0,25$ dan R^2 mendekati 1. Begitu juga dengan hasil simulasi Monte Carlo yang apabila disandingkan dengan ordinasi MDS dan berderajat kepercayaan (*confidence range*) 95 persen mempunyai perbedaan kecil, artinya bahwa terdapat akurasi dalam analisis ordinasi MDS dalam menilai sebuah objek.

Tabel 5. Hasil analisis *Rap*-ATCS terhadap status keberlanjutan teknologi ATCS

Dimensi	Stress	R^2	Indeks MDS	Indeks Monte Carlo	Perbedaan Nilai Indeks MDS dan Monte Carlo
Input	0,15	0,94	81,24%	78,62 %	2,62%
Proses	0,16	0,92	73,62%	72,00 %	1,62%
<i>Output</i>	0,19	0,92	60,25%	59,30 %	0,95%

Sumber: Hasil analisis, 2019

4. Kesimpulan

Status keberlanjutan teknologi ATCS pada dimensi input menunjukkan skor baik dengan atribut sensitif "kerangka tata kelola IT". Hal ini dikarenakan pada dimensi input sudah didukung adanya fasilitas perangkat teknologi informasi yang terintegrasi, sehingga membuat tata kelola lalu lintas lebih efektif dan efisien. Kondisi ini mengindikasikan bahwa implementasi konsep *smart city* pada Kota Semarang untuk *case study* teknologi ATCS telah diterapkan, dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi [25][26] sehingga terwujud efisiensi.

Sementara itu, dimensi proses dan *output* menunjukkan status cukup berkelanjutan. Dimensi proses perlu memperhatikan aspek "dukungan lingkungan inovatif" jika mengacu pada atribut sensitifnya. Apabila terdapat intervensi pada aspek tersebut yang mencakup pengembangan SDM dengan melakukan kolaborasi antara sisi keterampilan (*skills*), institusi (*institution*), dan teknologi (*technology*), dimungkinkan dapat menaikkan status keberlanjutannya. Hal sama pada dimensi *output* penting untuk memprioritaskan aspek "efektifitas biaya" yang merupakan atribut sensitifnya. Di mana konsep efektifitas biaya adalah bagaimana teknologi ATCS dapat berkontribusi dalam proses perencanaan kota dan memberi dampak pada efektifitas biaya/*cost*.

Hasil penelitian penilaian keberlanjutan ini yang memiliki *output* berupa indeks keberlanjutan dan atribut/faktor yang berpengaruh sangat tepat untuk input bagi pengembangan teknologi ATCS dalam mendukung terciptanya kota pintar Semarang pada khususnya dan nasional pada umumnya.

Ucapan Terima Kasih

Pertama kami sampaikan terima kasih kepada para dosen di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dan kedua kami juga ucapkan terima kasih kepada para *stakeholders* yang terlibat dalam penelitian ini, khususnya pada Pemerintah Kota Semarang.

Daftar Pustaka

- [1] M. Li, K. Boriboonsomsin, G. Wu, W.-B. Zhang, and M. Barth, "Traffic energy and emission reductions at signalized intersections: a study of the benefits of advanced driver information," *Int. J. Intell. Transp. Syst. Res.*, 2009.
- [2] A. Caragliu, C. Del Bo, and P. Nijkamp, "Smart Cities in Europe Smart Cities in Europe," *Proc. 3rd Cent. Eur. Conf. Reg. Sci.*, 2009.
- [3] Walikota Semarang, "Peraturan Walikota Semarang Nomor 22 Tahun 2018 Tentang Petunjuk Pelaksanaan kampung tematik," 2018. Accessed: Dec. 24, 2020. [Online].
- [4] B. Cohen, "The Top 10 Smart Cities On The Planet," *Fast Company*, 2012.
- [5] J. M. Barrionuevo, P. Berrone, and J. E. Ricart Costa, "Smart Cities, Sustainable Progress," *IESE Insight*, 2012.
- [6] W. Davis, "HIPO (hierarchy plus input-process-output)," in *The Information System Consultant's Handbook*, 1998.
- [7] J. Brannen, *Mixing Methods: qualitative and quantitative research*. USA: Routledge, 1992.
- [8] T. J. Pitcher and D. Preikshot, "RAPFISH: A rapid appraisal technique to evaluate the sustainability status of fisheries," *Fish. Res.*, 2001.
- [9] A. Fauzi and S. Anna, *Pemodelan sumber daya perikanan dan kelautan untuk analisis kebijakan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2005.
- [10] Megawati, Angraini, and B. Sukma Negara, "Perancangan Panduan Tata Kelola Teknologi Informasi Pada Universitas Islam Menggunakan It Governance Framework," *J. Ilm. Rekayasa dan Manaj. Sist. Inf.*, 2017.
- [11] J. H. Lee, R. Phaal, and S. H. Lee, "An integrated service-device-technology roadmap for smart city development," *Technol. Forecast. Soc. Change*, 2013.
- [12] L. E. Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R. A., Hayes, N. M., & Nelson, "Helping CIOs Understand 'Smart City' Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO," *Cambridge, MA Forrester Res. Inc.*, 2010.
- [13] A. B. Sideridis and C. Z. Patrikakis, *Next Generation Society. Technological and Legal Issues*, vol. 26. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- [14] H. Lindsog, "Smart communities initiatives," *Proc. 3rd ISOOneWorld Conf.*, 2004.
- [15] N. Komninos, "Intelligent cities: towards interactive and global innovation environments," *Int. J. Innov. Reg. Dev.*, 2009.
- [16] . Chourabi et al., "Understanding smart cities: An integrative framework," 2012.
- [17] J. M. Hernández-Muñoz et al., "Smart cities at the forefront of the future internet," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, 2011.
- [18] S. Zhang, "The role of information and communication technology for smart city development in China." *Tallin*, 2017.
- [19] Ericsson, "Networked Society City Index 2014," 2014. Accessed: Dec. 24, 2020. [Online].
- [20] U. N. Rembet, M. Boer, D. G. Bengen, and A. Fahrudin, "Struktur Komunitas Ikan Target di Terumbu Karang Pulau Hogow Dan Putus-Putus Sulawesi Utara," *J. Perikan. dan Kelaut. Trop.*, 2011.
- [21] T. J. Pitcher, "Rapfish, a rapid appraisal technique for fisheries, and its application to the code of conduct for responsible fisheries," *FAO Fish. Circular*, 1999.
- [22] M. J. Fryer and R. Y. Rubinstein, "Simulation and the Monte Carlo Method," *J. R. Stat. Soc. Ser. A*, 1983.
- [23] P. J. F. Groenen and M. van de Velden, "Multidimensional Scaling," in *Encyclopedia of*

Statistics in Behavioral Science, Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2004.

- [24] N. Jaworska and A. Chupetlovska-Anastasova, "A Review of Multidimensional Scaling (MDS) and its Utility in Various Psychological Domains," Tutor. Quant. Methods Psychol., 2009, .
- [25] M. L. Marsal-Llacuna, J. Colomer-Llinàs, and J. Meléndez-Frigola, "Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative," Technol. Forecast. Soc. Change, 2015, .
- [26] W. Castelnovo, G. Misuraca, and A. Savoldelli, "Smart Cities Governance: The Need for a Holistic Approach to Assessing Urban Participatory Policy Making," Soc. Sci. Comput. Rev., vol. 34, no. 6, pp. 724–739, Dec. 2016, .